

連続路面すべり抵抗測定装置による シャーベット路面の滑り抵抗と雪氷物性の関係

Relation between Sliding Resistance Measured with a Continuous Friction Tester
and Snow/Ice Property on Slush Road

齊田 光*

藤本 明宏**

(地域環境研究教育センター協力メンバー)

福原 輝幸***

(福井大学大学院工学研究科)

1. はじめに

冬期道路は、凍結・残雪によるスリップ事故の危険性が高い箇所が点在する。すべり摩擦係数(μ)マップは、路面の危険度(滑り易さ)を地図上に図示したもので、道路管理の効率化に加えて利用者に周知すれば交通安全性の向上の一助となる。従来、技術的な問題から μ マップの作成は難しかったが、福井大学が新たに導入した連続すべり抵抗測定器(Continuous Friction Tester: CFT)は、通常の運転で滑り抵抗値(HFN)を連続的に計測し、リアルタイムに表示することができる。これにより、 μ マップ作成を実現できる可能性が高まった。しかしながら、 μ とHFNの関係は不明な点が多く、特に雪氷路面におけるHFNのデータが不足している。

そこで本研究では、 μ とHFNを関係付けるために、シャーベット路面でHFN測定を行い、先ず雪氷物性とHFNの関係を調べた。

2. 連続路面すべり抵抗測定装置

図1は、CFTを装着した測定車(測定状態)の外観を示す。同図に示すように車両後部の第5輪(測定輪)は、車両進行方向に対して微小な角度(1~2°程度)で路面と接する(図2を参照¹⁾)。この測定輪を転がすことにより横力が作用してHFNが得られる。HFNはタイヤ空転時(抵抗最小)を0、乾燥舗装走行時を通常80から100(路面温度に依存)となるように較正される。HFNは、凍結路面のように滑りやすい(抵抗が小さい)時に小さく、湿潤や乾燥路面のように滑り難い(抵抗が大きい)時に大きくなる。HFNのサンプリングは0.01秒である。HFNの値は、外部記録装置に

(キーワード：路面すべり摩擦，冬期道路，積雪深，質量含水率)

* Akira Saida

(Department of Civil Engineering, Graduate school of Engineering, University of Fukui, Fukui, 910-8507)

** Akihiro Fujimoto

(Department of Civil Engineering, Graduate school of Engineering, University of Fukui, Fukui, 910-8507)

*** Teruyuki Fukuhara

(Department of Civil Engineering, Graduate school of Engineering, University of Fukui, Fukui, 910-8507)



図1 CFTを装着した測定車の外観
(測定状態)

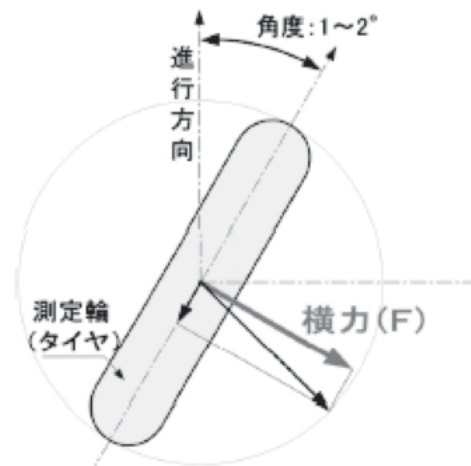


図2 CFTの計測概念図¹⁾

自動記録されると同時に、車内のディスプレイにもリアルタイムで表示される。

3. 野外試験

図3は、2009年1月9日から11日に福井大学構内の密粒度アスファルト舗装（以下、舗装）で実施した野外試験の概要である。図中に示すように、質量含水率および雪氷密度（図中△）はそれぞれ3地点で、雪氷厚（図中□）は9地点で測定され、その平均を代表値として採用した。HFNは0.01秒で計測された瞬間値の3秒間の平均を採用した。また、試験は自然に堆積した一様な新雪路面およびシャーベット路面を対象とし、試験毎に走行（測定）場所を変えた。本試験は、乾燥、湿潤、乾燥雪およびシャーベットを対象とし、それぞれ1, 1, 3および7ケースの計12ケース行った。なお、測定車の走行速度は20km/h、HFN測定用タイヤはオールシーズンタイヤ（インシグニアSE200）である。

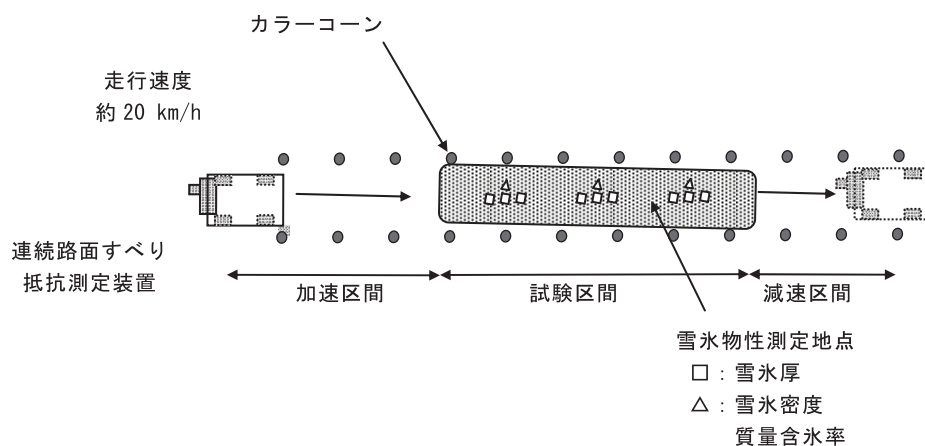


図3 野外実験の概要

4. 実験の結果

4. 1 気象

図4および図5は、気象庁の気象統計情報サイト²⁾から得られた実験期間における気温と相対湿度および積雪深と時間降雪強度を示す。なお、同図にはHFN測定期間（帯状部分）とその時の路面状態を併せて示す。

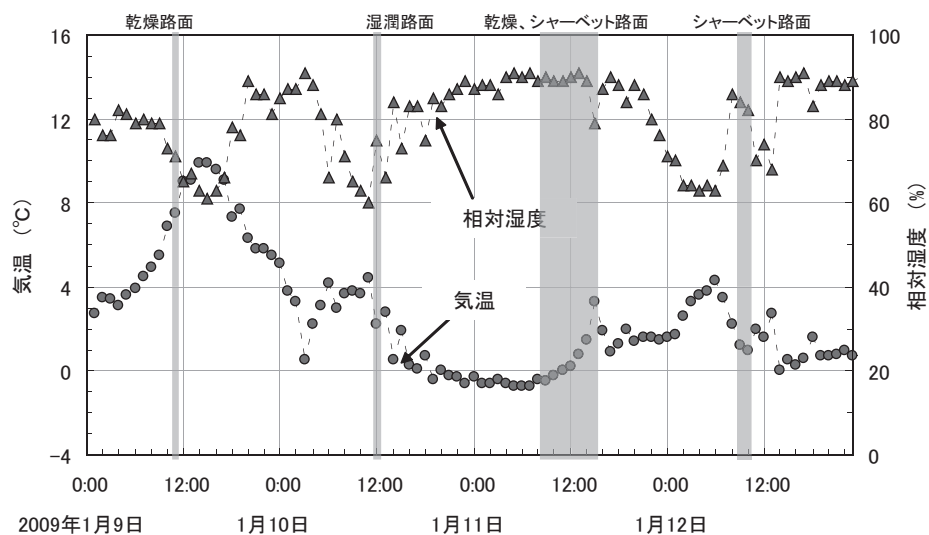


図4 気温および相対湿度の時間変化

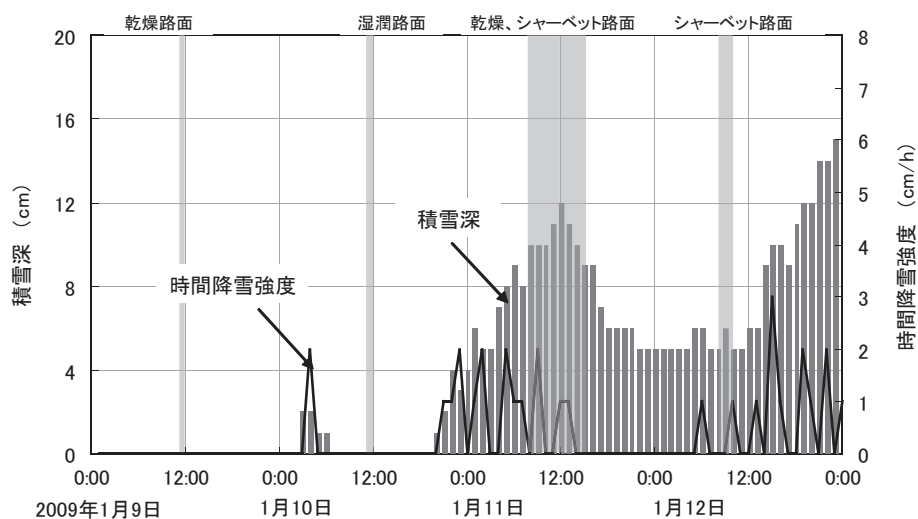


図5 積雪深と時間降雪強度の時間変化

4. 2 すべり抵抗と雪氷物性の関係

(1) 雪氷厚

図 6 は、HFN と雪氷厚 h_s との関係である。同図には、MASS 車による μ と h_s の関係³⁾も併せて示す。HFN と h_s の関係 (○) と μ のそれ (▲) が酷似していることは興味深い。同図より、 h_s が 10mm 以下の場合、HFN は 80 前後となり、湿潤路面の HFN と同程度であった。一方、 h_s が 15mm 以上では HFN は h_s に依存せず、40 前後であった。前者は、タイヤが雪氷を押し退けて舗装と接触し、タイヤと舗装との間の HFN が計測されたと考えられる。後者は、雪氷層が厚いためにタイヤと舗装が接触せず、雪氷とタイヤとの間の HFN が計測されたと考えられる。また、 h_s が 10～15mm の範囲では、 h_s の増大に伴い、タイヤと舗装との接触面積が小さくなるために、HFN は低下したと推察される。

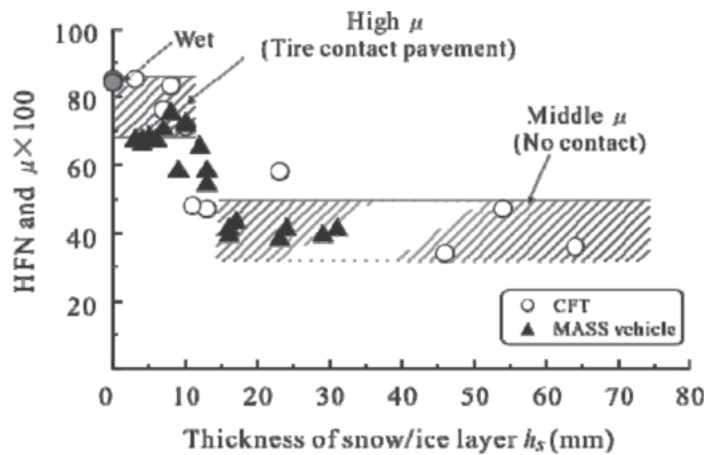


図 6 HFN と雪氷厚の関係

(2) 質量含氷率

図 7 は、質量含氷率 θ_i と HFN の関係を示す。図中の○は $h_s < 10\text{mm}$ で、△は $h_s > 10\text{mm}$ の結果である。同図より $h_s < 10\text{mm}$ の HFN (○) は、 θ_i に依存することなく、80 前後の値をとり、湿潤路面の HFN と変わらなかった。一方、 $h_s > 10\text{mm}$ の HFN (△) は、 $h_s < 10\text{mm}$ よりも低いレベルにあり、 θ_i の増加に伴い緩やかに低下した。

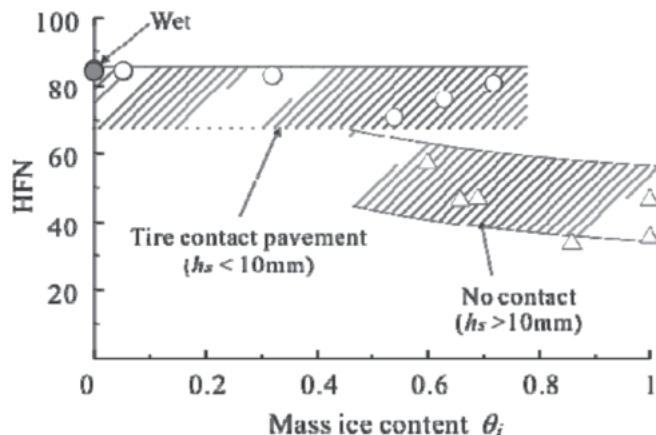


図 7 HFN と質量含氷率の関係

5. まとめと今後の課題

本研究では、CFT による HFN 測定と雪氷物性測定を実施し、HFN と雪氷厚および質量含水率の関係を示した。また、本研究により、CFT から得られる HFN は μ と同じ物理量を捉える傾向が見られた。

昨冬は、近年の小雪傾向の代表的な年であり、実験を行う機会が十分に得られなかった。今後は更に実験を追加し、昨冬に得られなかったデータの補間を行いたい。

最後に本研究は、(社)雪センターの支援を受けて行われたものであり、記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 徳永ロベルト，舟橋誠，高橋尚人，浅野基樹，林華奈子，2007年，冬期路面管理におけるすべり抵抗値の活用に関する試験研究，寒地技術論文・報告集，北海道開発技術センター，23巻 302-306頁．
- 2) 気象庁気象統計情報，<http://www.data.jma.go.jp>．
- 3) 藤本明宏，渡邊洋，福原輝幸ら，2005 年，MASS 車によるすべり摩擦と道路雪氷との関係，日本雪工学会誌，21 巻（5 号）26-35 頁．